



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl ungsschrift  
⑩ DE 100 44 406 A 1

⑳ Aktenzeichen: 100 44 406.7  
㉔ Anmeldetag: 8. 9. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 5. 7. 2001

㉙ Int. Cl. 7:  
B 01 D 53/22  
C 01 B 3/50  
C 01 B 3/56  
H 01 M 8/02  
B 01 D 69/00

DE 100 44 406 A 1

③0 Unionspriorität:  
420468 19. 10. 1999 US  
⑦1 Anmelder:  
Ford Global Technologies, Inc., Dearborn, Mich.,  
US  
⑦4 Vertreter:  
Neidl-Stippler und Kollegen, 81679 München

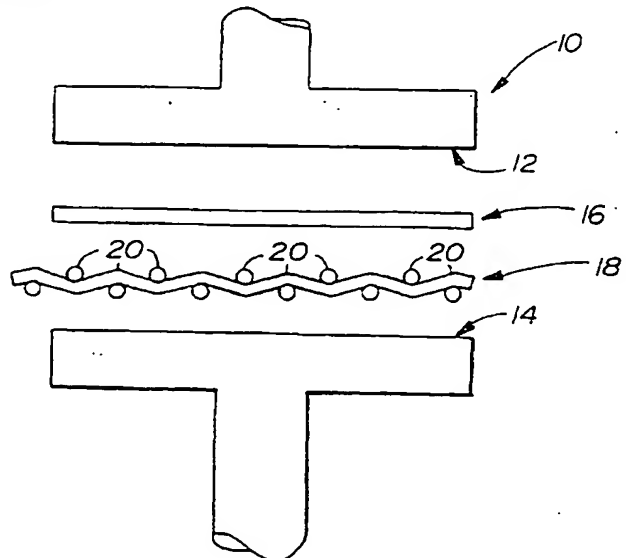
⑦2 Erfinder:  
Ijaz, Mujeeb Ismael, Ypsilanti, Mich., US; Singh,  
Prabhakar, Ann Arbor, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Wasserstoff-Separator und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Wasserstoffseparator 22 mit einer dünnen wasserstoffdurchlässigen Folie 16 einer Dicke zwischen 3 und 15 micron. Die Folie 16 ist an eine Trägerstruktur 18 gebunden, die eine wellenförmige Oberfläche mit Kontaktbereichen 20, an denen die Folie 16 befestigt ist, aufweist. Die Folie 16 ist üblicherweise an die wellenförmige Oberfläche angepaßt. Die Folie 16 ist nur an den Kontaktbereichen 20 der Trägerstruktur 18 befestigt; wodurch sie sich in drei Richtungen bewegen kann, wenn sie expandiert und kontrahiert, während sie einem Wasserstoff-Ausgangsstrom ausgesetzt ist. Die Kontaktbereiche 20 sind im Vergleich zur Foliendicke relativ nah beabstandet und ermöglichen es der dünnen Folie 16, hohen Drücken zu widerstehen.



DE 100 44 406 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Wasserstoff-Separator nach Patentanspruch 1, eine Trägerstruktur nach Patentanspruch 7, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung nach Patentanspruch 12. Insbesondere betrifft die Erfindung einen Wasserstoff-Separator, der aus einer dünnen Folie besteht, die an einer Trägerstruktur mit einer wellenförmigen Oberfläche befestigt ist.

Wasserstoffseparatoren werden in einer Reihe kommerzieller Anwendungen, einschließlich dem Raffinieren von Kohlenwasserstoff, chemischen Prozessen, Herstellung von hydrierten Ölen ebenso wie in Brennstoffzellen, verwendet. Die Separatoren arbeiten so, daß ein Strom eines relativ unreinen Gasgemisches mit weniger als 100% Wasserstoff (üblicherweise im Bereich von 20–80%) in sehr reinen Wasserstoff (99,999%) umgewandelt wird. Die meisten üblichen Wasserstoff-Separatoren verwenden dickes Palladium, Palladiumlegierung oder einen Verbund mit einem Metalls der Gruppe Vb, beschichtet mit Palladium oder Palladiumlegierung. Die üblichen Folien haben meist eine Dicke von mehr als 25 Micron. Die Folie wird durch Walzen oder Pressen von Barrn zu schrittweise dünner werdenden Blechen hergestellt. Die praktische Grenze des Walzprozesses sind gegenwärtig 25 Micron. Dies wird als dicke Folie betrachtet. Die dicke Folie wird durch ein Verfahren, bei dem der Zuführ Druck höher als der Durchdringungsdruck sein kann, weil die 25 Micron Folie alleine hohem Druck keinen Widerstand leisten kann, gestützt. Ein Beispiel einer solchen Konstruktion ist im US-Patent Nr. 5645626 offenbart.

In Systemen, die dickes Palladium oder Palladiumlegierung verwenden, sind Kosten und Größe die Haupthindernisse der Auslegung von Automobilen/kommerziellen Separator. Bei beschichteten Metallen der Gruppe Vb sind Kosten, Verhalten und Größe akzeptabel, die beschichteten Substrate mit Metallen der Gruppe Vb bilden Hydride, die Versprödungen verursachen, wodurch eine unakzeptable Lebensdauer resultiert. Ein Beispiel dieser Konstruktion ist im US-Patent Nr. 5.738,708 offenbart. Ferner werden die Beschichtungen (ca. 5000 Å Palladium) bei über 400°C, selbst bei begrenztem Betrieb von weniger als 100 Stunden, interdiffundieren und so zum Versagen der katalytischen Dissoziation von H<sub>2</sub> in H an der Oberfläche führen. Der Wasserstoff dissoziiert an der Folienoberfläche und bildet ein Metallhydrid mit der Folie. Das Proton und Elektron aus dem Wasserstoffatom wandern durch die Folie und rekombinieren auf der entgegengesetzten Seite unter Bildung von Wasserstoffgas. Dieses Verfahren ist im US-Patent Nr. 5,645,626 offenbart.

Üblicherweise expandiert die Folie um etwa 20%, wenn sie Wasserstoff ausgesetzt ist, während das darunterliegende Trägermaterial konstant bleibt. Konsequenterweise muß die Folie relativ dick sein, um die Haltbarkeit, die für die zyklische Einwirkung von Wasserstoffgas erforderlich ist, zu ermöglichen. Unglücklicherweise ist die Fähigkeit des Wasserstoffes, eine Folie zu passieren, direkt proportional der Dicke der Folie, während die Kosten bei Folien auf Palladiumbasis dazu exponentiell sind. Eine Zunahme der Folien-dicke reduziert signifikant die Wasserstoffpermeabilität; auch bekannt als Flußkapazität. Erhöhen der Foliendicke erhöht auch die Kosten des Separators. Erhöhen der Temperatur oder des Gasdruckes erhöht die Flußkapazität; wobei die hohen Temperaturen und Drücke dünnere Folien (< 15 Micron) zerstören.

Ein anderer Typ Wasserstoffseparator verwendet sehr dünne Schichten Palladium in einer Dicke zwischen 0,1 und 0,5 Micron. Weil diese sehr dünnen Schichten nicht selbsttragend hergestellt werden können, werden sie auf Träger

aufgebracht. Der Träger, üblicherweise Vanadium, Niob oder Tantal, ermöglicht es dem dissoziierten Wasserstoff, durch den Separator hindurchzutreten. Eine andere Beschichtung, die Palladium auf der entgegengesetzten Oberfläche des Separators enthält, rekombiniert die dissoziierten Wasserstoffatome zu gasförmigem Wasserstoff. Ein Beispiel dieser Konstruktion ist in den US-Patenten 5738708 und 5149420 offenbart.

Diese Konstruktion hat den doppelten Vorteil, einerseits eine große Flußkapazität zur Verfügung zu ermöglichen, weil die Palladiumfolie sehr dünn ist, und andererseits relativ niedrige Kosten, weil nur sehr wenig Palladium zum Beschichten des Materials verwendet wird. Unglücklicherweise sind die derzeitigen Träger auf Metallbasis anfällig für Wasserstoffversprödung. Nach mehreren Zyklen leidet die Vanadium-Zwischenschicht an innerer Ermüdung und Brüchen, wodurch der Separator im Betrieb versagt. Hohe Temperaturen und Gasdrücke verschlimmern den Versprödungsverfahren und reduzieren die Lebensdauer des Separators weiter.

Eine andere Separatorkonstruktion verwendet Palladiumbeschichtete Keramiksubstrate. Das Keramiksubstrat ist für Wasserstoff porös und erhält eine Palladiumbeschichtung. Da die Beschichtung relativ dünn ist, weist sie eine hohe Flußkapazität und relativ niedrige Kosten auf. Unglücklicherweise leiden palladiumbeschichtete Keramiksubstrate an denselben Haltbarkeitsproblemen wie die Vanadiumsubstrate. Das Keramiksubstrat und die Palladiumfolie haben sehr unterschiedliche thermische Expansionskoeffizienten.

Ferner kann die Keramik nicht so hergestellt werden, daß sie eine einheitliche Porosität auf der Oberfläche des Substrats aufweist. Bereiche, die relativ größere Porosität aufweisen, führen zu einem durch Palladiumbeschichtung/Folie überbrückten Hohlraum. Die Keramik dehnt sich um bis zu 50% mehr aus als die Palladiumfolie. Dies führt häufig dazu, daß die Folie in Bereichen größerer Porosität bricht oder reißt. Die kleinen Mikrorisse in den Palladiumfolien reduzieren die Fähigkeiten des Separators, Verunreinigungen aus dem Wasserstoffausgangsstrom herauszufiltern.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Systeme zur Wasserstoffseparierung nach dem Stand der Technik zu teuer und zu groß sind oder gegen Brechen der beschichteten Schichten sind nicht widerstandsfähig sind und/oder die Substrate nicht für automatische/kommerzielle Trennung großer Volumina Wasserstoff geeignet sind.

Es ist demzufolge Aufgabe der Erfindung, diese und andere Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden.

Die Aufgabe wird durch einen Separator mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Ferner bezieht sich die Erfindung auch auf eine Trägerstruktur mit den Merkmalen des Patentanspruches 7 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 12.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung stellt einen Separator zur Verfügung, der die hohe Flußkapazität und niedrigen Kosten der Vorrichtungen mit dünnen Folien bei der Haltbarkeit der dicken, bei hoher Temperatur und hohem Druck nicht versprödenden Folien aufweist.

Sie betrifft einen Wasserstoffseparator, der eine dünne wasserstoffdurchlässige Folie, mit einer Dicke zwischen 3 und 15 Micron aufweist. Die Folie ist an eine Trägerstruktur gebunden. Die Trägerstruktur ist mit einer wellenförmigen Oberfläche geformt. Die Oberfläche beinhaltet Kontaktbereiche, auf denen die Folie befestigt ist. Die Folie paßt sich üblicherweise an die wellenförmige Oberfläche an. Die Folie ist nur an den Kontaktbereichen der Trägerstruktur befestigt; wodurch sich die Folie, während sie dem Wasserstoff-

ausgangsstrom ausgesetzt ist, in drei Richtungen bewegen kann, wenn sie expandiert und kontrahiert. Die Kontaktbereiche sind relativ im Vergleich zur Foliendicke mit relativ wenig Abstand angeordnet und ermöglichen es der dünnen Folie, hohen Drücken zu widerstehen.

Die Folie wird, wenn sie mit dem Träger integriert ist, dick genug, um sie sicher an den Befestigungsflächen, die verwendet werden, um die Hoch- und Niederdruckseiten zu trennen, zu befestigen. Wenn eine dünne Folie nur auf einem Träger liegt, würde sie gewöhnlich an diesem Befestigungspunkt reißen, wenn sie nicht völlig mit dem Träger integriert ist.

Die Folie weist meist eine wellige, sich wiederholende Form auf, die mit der wellenförmigen Oberfläche des Separators übereinstimmt. Übliche Separatoren beinhalten Maschen- oder Drahtgitter. Die wellige Oberfläche der Folie ist üblicherweise zwischen 20–50% größer als der Draufsichtsbereich der Folie. Gitter, die eine Maschenweite von zwischen 200–635 Quadraten pro 6,4516 cm<sup>2</sup> aufweisen, sind meist zum Einsatz in Wasserstoffseparatoren geeignet.

Die Separatoren werden durch Walzen einer dünnen, palladiumhaltigen Folie auf zwischen 3 und 15 Micron hergestellt. Die Folie wird dann an der Trägerstruktur befestigt. Ein Walz- und Preßverfahren ist geeignet, um die Folie an der Trägerstruktur entlang der Kontaktbereiche mechanisch zu befestigen. Die Folie paßt sich üblicherweise an die wellenförmige Oberfläche des Gitters an. Das Gitter überträgt Wellen auf die Folie und vergrößert ihren Oberflächenbereich um 20–50%. Die Folie bleibt am Gitter ohne Reißen oder Faltenbildung befestigt.

Die Verwendung und andere Ziele der Erfindung werden im Lichte der folgenden detaillierten Beschreibung und der Ansprüche deutlicher. Die Erfindung wird nachfolgend zum besseren Verständnis unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, in denen illustrative Ausführungsformen gezeigt sind, erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Separatorsanordnung in einer Presse;

Fig. 2 einen Querschnitt eines Separators mit einem Standard Maschengitter Fig. 3 einen Querschnitt durch eine Separatorsanordnung mit einem Paar Walzen;

Fig. 4a verschiedene Darstellungen von Standardgittern; Fig. 4b verschiedene Ansichten von "niederländisch gewebtem Gitter" und

Fig. 5 eine graphische Darstellung der thermischen Expansion von Palladiumfolien gegenüber dem Wasserstofffluß.

Die Erfindung wird nun anhand eines Wasserstoffseparators zur Verwendung mit einer Brennstoffzelle erläutert und beschrieben. Sie ist aber für jede Situation geeignet, in der ein Mischgasstrom, der Wasserstoff enthält, in einen relativ reinen Wasserstoffstrom aufgetrennt werden soll.

Die Erfindung stellt preiswert einen Wasserstoffseparator zur Verfügung, der widerstandsfähig ist gegen die Unbilden der Anwendungen in Automobilen. Der Separator hat eine Betriebstemperatur im Bereich zwischen -40 bis 600°C und ist widerstandsfähig bis zu Drücken von 25 bar. Die Erfindung verwirklicht niedrigere Kosten durch dünne Palladium- oder Palladiumlegierungsfolie als Separatormaterial. Die dünne Folie hat den doppelten Vorteil der Erhöhung der Kapazität des Separators, während die Materialkosten reduziert werden. Die Folie und ihr Herstellungsverfahren sind in einer ebenfalls auf die Anmelderin übertragenen amerikanischen Patentanmeldung mit dem Titel "METHOD OF MANUFACTURING THIN METAL ALLOY FOILS" mit gleichen Prioritätstag wie diese Anmeldung beschrieben, auf die hiermit vollinhaltlich bezug genommen wird. Die Folie wird gewellt, um den Oberflächenbereich zu vergrößern

und eine einzigartige Struktur zur Verfügung zu stellen, die in der Lage ist, ohne zu reißen zu expandieren und zu kontrahieren. Eine aus nicht versprödemdem Material bestehende Trägerstruktur überträgt die wellige Form auf die Folie und dient dazu, die Folie während des Betriebes abzustützen.

In Figur ist eine Presse 10 gezeigt, die dazu verwendet wird, Folie und Trägerstruktur aneinander zu befestigen. Die Presse 10 kann hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch betrieben werden.

Die Presse 10 beinhaltet zwei Pressoberflächen 12, 14, die die Folie und das Substrat verbinden. Eine Palladiumfolie 16 ist zwischen den Pressoberflächen 12 und 14 plaziert. Die Folie besteht aus Palladium, Palladiumlegierungen, von denen bekannt ist, daß sie nicht verspröden, oder palladiumbeschichtetem nicht versprödemdem Metall, wie z. B. ein Körper aus kubisch zentrierter Legierung. Die Folie hat eine Dicke von 3 bis 15 Micron, mit einer bevorzugten Dicke im Bereich von 5 bis 7 Micron. In Fig. 2 ist eine Walzenpresse 10' gezeigt. Die Walzen 13, 15 pressen die Folie auf die Trägerstruktur 18.

Ein Trägerstruktur 18 ist neben der Folie 16 angeordnet. Die Trägerstruktur hat eine wellenförmige Oberfläche, um viele Kontaktbereiche 20 zum Befestigen der Folie 16 zur Verfügung zu stellen. Die wellenförmige Oberfläche der Folie bildet eine mechanische Verbindung mit dem Träger. Die Kontaktbereiche 20 haben einen Abstand, so daß die Folienoberfläche, die benachbarte Kontaktbereiche 20 berührt, Wellen bildet. Ein bereits verfügbares Material, das die erforderliche wellenförmige Oberfläche aufweist, ist ein Draht- oder Maschengitter (Drahtgewebe), das vorm Kompaktieren eine Maschenweite zwischen 2 und 20 Micron und von 1 bis 12 Micron nach dem Kompaktieren aufweist. Das Gitter kann aus Material gefertigt werden, das nicht wasserstoffempfindlich ist, wie z. B. rostfreier Stahl, Hastelloy, Monelmetall, Nickel oder andere geeignete Materialien. Rostfreier Stahl ist zur Verwendung als Trägerstruktur teilweise gut geeignet, weil er nicht versprödet, leicht verfügbar ist, hohe Festigkeit und niedrige Kosten aufweist. Die Trägerstruktur 18 kann mit einem Material beschichtet werden, um vor Metall-Interdiffusion zwischen Gitter und Folie zu isolieren, wie z. B. Aluminium oder Titan.

Die Folie 16 und die Trägerstruktur 18 sind zwischen den Pressoberflächen 12, 14 oder Walzen 13, 15 plaziert und die Presse 10 oder aber die Walzen 13 und 15 – wie gezeigt – werden geschlossen. Die Presse 10, 10' überträgt 1 bis 5 Sekunden zwischen 1422 bis 5000 at (20 bis 70 tons/inch<sup>2</sup>). Die Folie 16 ist mechanisch auf der Trägerstruktur 18 befestigt. Wenn der Druck 4218 at (60000 psi) übersteigt, wird die Palladiumfolie geprägt und bildet durch Verzahnung während des Deformationsprozesses mit den Gitterlöchern eine mechanische Bindung an die Trägerstruktur.

Wie in Fig. 3 gezeigt, bilden Folie 16 und Trägerstruktur 18 einen Separator 22. Der Separator 22 beinhaltet die Folie 16 und die Trägerstruktur 18. Die Folie 16 und die Trägerstruktur 18 sind durch den oben beschriebenen Pressverfahren mechanisch an Kontaktbereichen miteinander verbunden. Der Pressverfahren verursacht ebenfalls eine Deformation der Folienoberfläche 24. Die Folienoberfläche 24 wird in die Maschenöffnung 26 gedrückt. Die Deformationsamplitude 28 erzeugt eine Serie Wellen auf der Folienoberfläche 24. Die Folienoberfläche 24 vergrößert sich im Vergleich zum Draufsicht-Bereich der Folie vor dem Verbindungsvorgang um 20 bis 50 %. Die Folie 16 wird durch die Kontaktbereiche 20 abgestützt, die Maschenöffnungen zu überspannen. Dieser Spannabstand ist etwa gleich der Gittermaschengröße. Die Gittermaschengröße ist so ausgewählt, daß die Folie 16 bei gegebenem Betriebsdruck, Tem-

peratur und Foliendicke unterstützt wird. Dünnere Folien und höhere Betriebsdrücke oder Temperaturen erfordern üblicherweise kleinere Maschengrößen.

Der Separator 22 ist in einem Durchgang oder einer Kammer angeordnet, die einen Ausgangsgasstrom mit unreinem Wasserstoff, empfangen. Das Ausgangsgas berührt die Folienoberfläche 24. Wasserstoff aus dem Ausgangsgas dissoziiert auf der Folienoberfläche 24 und bildet atomaren Wasserstoff. Der atomare Wasserstoff bildet mit dem Wirts-Palladium oder -Palladiumlegierung eine metallische Bindung, tritt durch die Folie 16 hindurch und rekombiniert auf der entgegengesetzten Folienoberfläche unter Bildung gasförmigen Wasserstoffs. Der gasförmige Wasserstoff passiert frei durch eine darunterliegende Trägerstruktur 18. Separatoren dieser Konstruktion können einen Ausgangsstrom mit 15 bis 99% Wasserstoff auf mehr als 99,999% reinen Wasserstoff reinigen.

Der Ausgangsstrom wird meist auf 200 bis 600°C aufgeheizt, vorzugsweise auf 450°C, um die Katalyse und Hydratisierung des Wasserstoffs in der Folie 16 zu erleichtern. Hydratisierung und die erhöhte Temperatur bewirken eine Ausdehnung der Folie 16, die sich um zwischen 10 bis 30% verlängert. Diese Ausdehnung und Verlängerung bewirkt ein Ansteigen der Deformationsamplitude 28. Die Ausdehnung und Verlängerung der Folie 16 ist in der Maschenöffnung 26 untergebracht. Die Kontaktbereiche 20 bleiben relativ konstant. Die Folie 16 kann ohne zu reißen oder Falten zu bilden, expandieren und kontrahieren.

Es bestehen viele Gitter, die verschiedene Maschenöffnungen und Maschenkonfigurationen aufweisen. Ein Beispiel einer solchen Konstruktion ist in Fig. 4a und 4b gezeigt. Das Gitter in Fig. 4b verwendet eine "niederländische Gewebe" Konstruktion, in der vertikale Fädenpaare mit horizontalen Fäden verzahnen. Dies bewirkt größere Maschen mit einer rechteckigen Öffnung.

In Fig. 5 ist eine Grafik der Wasserstoff-Flußkapazität gegen die Palladiumfoliendicke dargestellt. Erfindungsgemäße Folien haben eine fünfmal größere Wasserstoff-Flußkapazität als die dicken Folien nach dem Stand der Technik.

Während spezielle Ausführungsformen der Erfindung dargestellt und beschrieben worden sind, ist dem Fachmann bekannt, daß eine Vielzahl an Veränderungen und Modifikationen möglich sind, ohne sich vom Schutzbereich zu entfernen und die anliegenden Ansprüche decken alle diese Modifikationen und Äquivalente ab, soweit sie unter den Schutzbereich der Erfindung fallen.

#### Bezugszeichenliste

10, 10' Presse	50
12, 14 Pressenoberflächen	
13, 15 Walzen	
16 Folie	
18 Trägerstruktur	
20 Kontaktbereiche	55
22 Separator	
24 Folienoberfläche	
26 Maschenöffnungen	
28 Deformationsamplitude	
30 Aluminiumgewebe	60

#### Patentansprüche

1. Gasseparator mit:
  - einer für ein ausgewähltes Gas durchlässigen dünnen Folie (16) einer Dicke zwischen 3 und 15 micron, und
  - einer Trägerstruktur (18) mit einer wellenförmigen Oberfläche, die Kontaktbereiche aufweist, an denen die Folie (16) befestigt und abgestützt wird, wobei die Folie (16) eine gewellte Oberfläche (24) bildet.

migen Oberfläche, die Kontaktbereiche aufweist, an denen die Folie (16) befestigt und abgestützt wird, wobei die Folie (16) eine gewellte Oberfläche (24) bildet.

2. Separator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie (16) eine gewellte Oberfläche (24) aufweist.

3. Separator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der gewellte Oberflächenbereich (24) der Folie (16) 20 bis 50% größer ist als der Draufsicht-Bereich der Folie (16).

4. Separator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktbereiche mit einem Abstand von zwischen 2 und 20 micron beabstandet sind.

5. Separator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie (16) zwischen 10 und 100% Palladium enthält.

6. Separator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerstruktur (18) ein Maschendrahtgitter ist.

7. Trägerstruktur (18) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter eine Maschenweite zwischen 200 und 635 Standard-Mesh und bis zu 1400 und 200 in alternierenden Geweben besitzt.

8. Trägerstruktur (18) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerstruktur (18) eine Interdiffusionsbarrierenbeschichtung aufweist.

9. Trägerstruktur (18) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerstruktur (18) aus rostfreiem Stahlgitter besteht.

10. Separator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das ausgewählte Gas Wasserstoff ist.

11. Wasserstoffseparator für Brennstoffzellenreformer zum Separieren gemischten Ausgangsgases mit verunreinigtem Wasserstoff, mit:

- einer dünnen wasserstoffdurchlässigen Folie (16) mit Palladium einer Dicke zwischen 3 und 15 micron und
- einem Maschendrahtgitter mit einer Maschenweite zwischen 2 und 20 Microns, das eine wellenförmige Oberfläche mit Kontaktbereichen aufweist, die mit der Folie (16) verbunden sind und diese unterstützen, die Folie (16) eine wellige Oberfläche (24) bildet, die an die wellenförmige Oberfläche angepaßt ist und eine über 30% größere Oberfläche als die Draufsicht-Fläche der Folie (16) hat.

12. Verfahren zur Herstellung eines Wasserstoffseparators mit den Schritten:

- Vorlegen einer wasserstoffdurchlässigen Folie und einer Trägerstruktur, die nicht anfällig ist für Wasserstoffversprödung, wobei die Trägerstruktur eine wellenförmige Oberfläche aufweist;
- Zusammenpressen von Folie und Trägerstruktur;
- Anbringen der Trägerstruktur an den Kontaktbereichen der Folie; und
- Bilden einer welligen Oberfläche der Folie

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

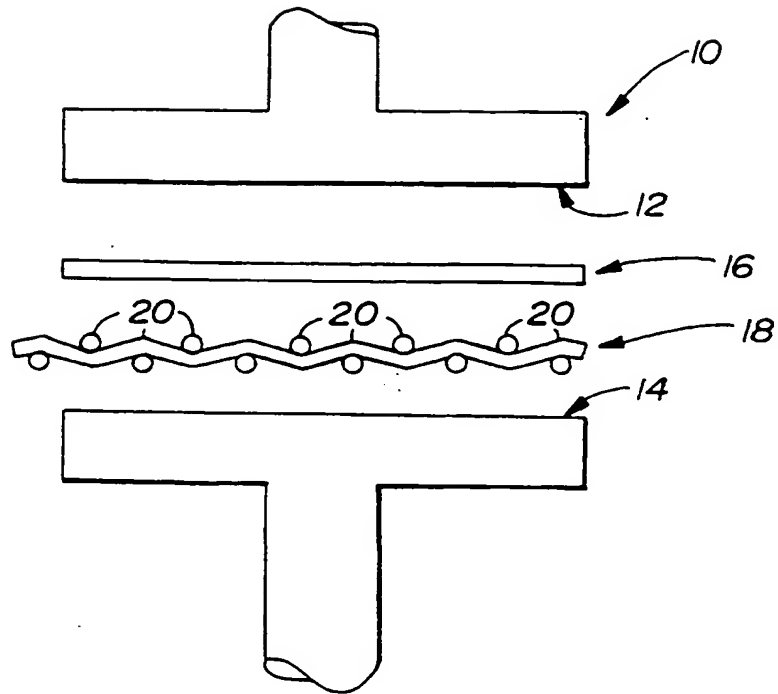


Fig-1

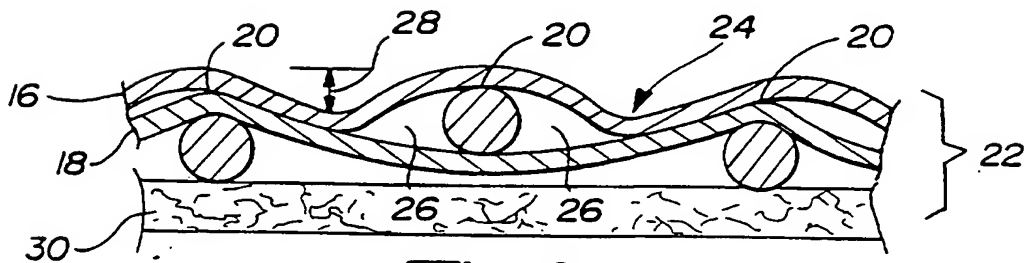


Fig-2

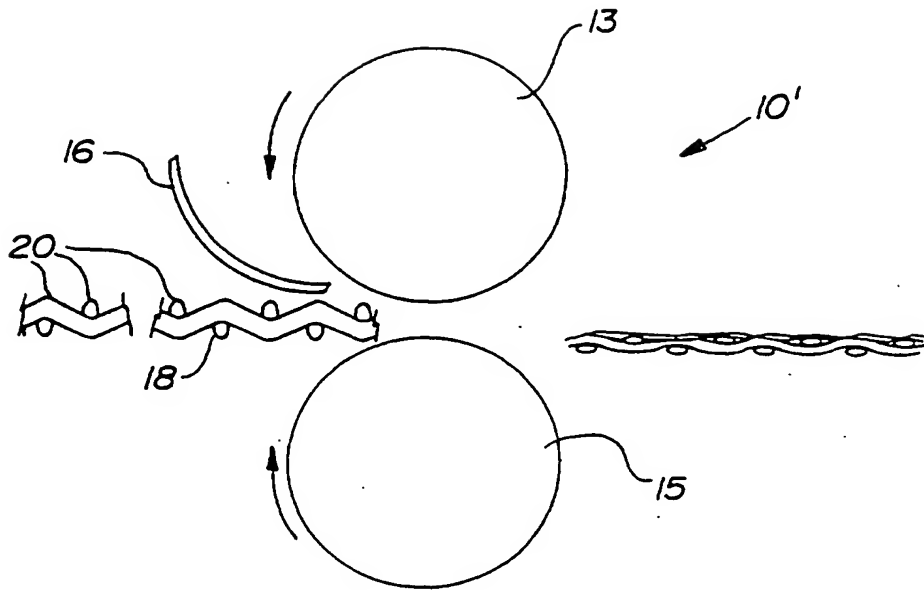


Fig-3

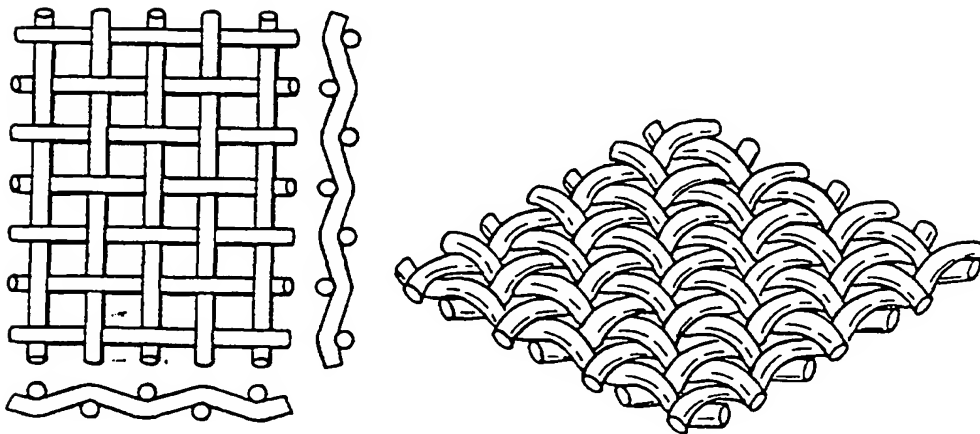


Fig-4A

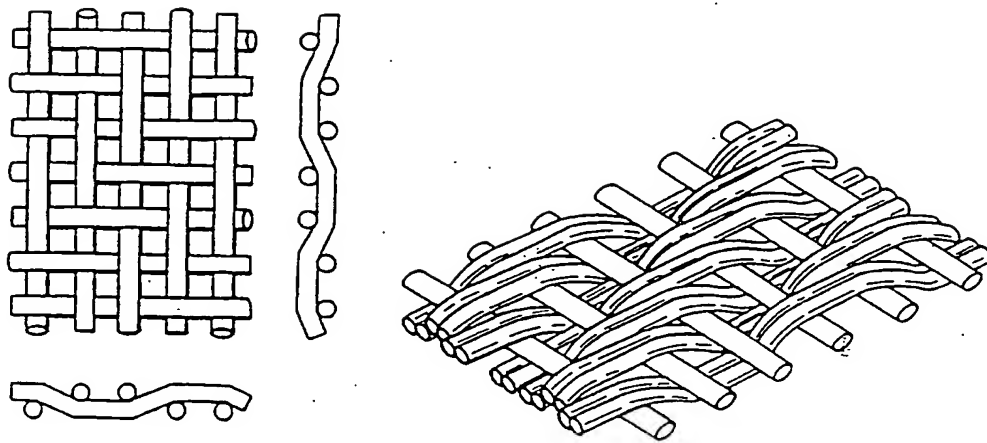


Fig-4B

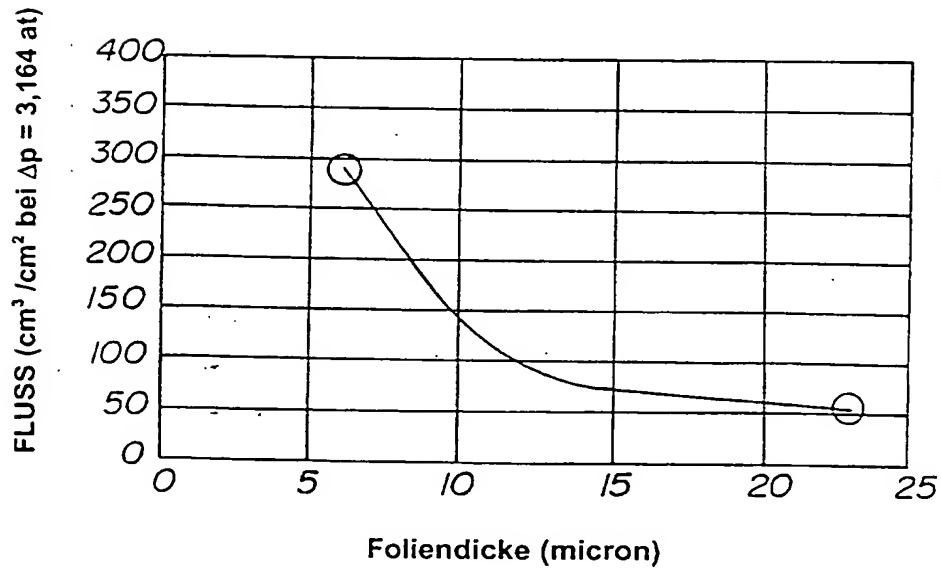


Fig-5